

Perubahan Konversi Lahan Menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kota Salatiga)

Riko Yudistira¹, Arit Imanuel Meha², Sri Yulianto Joko Prasetyo³
Program Studi Magister Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi,
Universitas Kristen Satya Wacana.
Email : ¹yudist9612@gmail.com, ²972018002@student.uksw.edu, ³sri.yulianto@uksw.edu

Abstrak — Perubahann fungsi lahan pada Kota Salatiga dipengaruhi oleh kebutuhan masyarakat dalam penggunaan tanah di wilayah Kota Salatiga, akibatnya lahan terus mengalami perubahan. Laju perubahan penggunaan tanah di Kota Salatiga dari daerah pertanian ke permukiman dan kawasan industri dari tahun ke tahun mencapai 8.1 Ha. Maka diperlukan sebuah pemetaan dan perhitungan perubahan konversi lahan yang terjadi di Kota Salatiga. Sistem Informasi Geografis sangat diperlukan untuk melihat jenis vegetasi yang berada pada wilayah penelitian yang di lakukan, indeks vegetasi yang diperlukan diantaranya indeks NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) dan SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) yang kemudian akan dioleh menggunakan metode PCA (Principal Component Analysis). Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa luas area untuk tahun 2013 dan tahun 2018 diantaranya pada luas area urban/pemukiman mengalami kenaikan sebesar 801.511 Ha, sedangkan lahan perkebunan/sawah mengalami penurunan sebesar 801.511 Ha, dan RTH (Ruang Terbuka Hijau) mengalami penurunan sebesar 1.001.889 Ha pada tahun 2018. Dari pengolahan PCA gabungan dari NDVI, EVI dan SAVI pada Kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah untuk tahun 2013 dan 2015 terjadi perubahan di nilai Eigenvalues dimana NDVI pada tahun 2015 mengalami penurunan sebesar 1,7433 sedangkan nilai EVI mengalami penurunan sebesar 1.5324, untuk indeks SAVI mengalami penurunan indeks nilai juga sebesar 0,8368. Sedangkan untuk perubahan persentase eigenvalues pada tahun 2013 dan 2018 perubahan indeks Eigenvalues NDVI mengalami penurunan yang cukup signifikan yakni sebesar 1,5694, untuk indeks EVI juga mengalami penurunan sebesar 1,7201, dan SAVI juga mengalami penurunan sebesar 0,8522. Jadi Perubahan indeks vegetasi yang di olah menggunakan PCA dapat diketahui ketika melihat selisih perubahan dari nilai indeks Eigenvalues yang dihasilkan.

Kata Kunci — Perubahan Konversi Lahan, GIS, NDVI, EVI, SAVI, PCA.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era globalisasi saat ini berlangsung sangat cepat. Teknologi informasi telah menjadi hal yang sangat dibutuhkan dan penerapan sebuah teknologi informasi ini menjadi sebuah keharusan dalam segala aspek kehidupan. Salah satunya teknologi GIS, GIS adalah sistem basis data dengan kemampuan - kemampuan khusus untuk data yang tereferensi secara geografi [1]. Peta tutupan lahan adalah peta yang memberikan informasi mengenai obyek-obyek yang tampak di permukaan bumi [2]. Penggunaan lahan merupakan kegiatan pengaturan, peninputan terhadap jenis tutupan lahan tertentu untuk menghasilkan sesuatu, mengubah atau mempertahankannya.

Secara umum, perubahan pengguna lahan dan tutupan lahan dapat diartikan sebagai konversi lahan menjadi lahan perkebunan dan peternakan, perluasan fungsi lahan pertanian, penggundulan hutan, penanaman kembali fungsi lahan hutan, penggantian tanaman, dan perluasan lahan perkotaan (urban sprawl) atau juga mislnya konversi Ruang Terbuka Hjaiu (RTH) menjadi Non RTH. Salah satu yang sering terjadi peralihan fungsi lahan yaitu berada pada Kota Salatiga. Kebutuhan masyarakat dalam penggunaan tanah di wilayah Kota Salatiga terus mengalami perubahan. Kebutuhan tanah

yang terus berkembang juga didukung dari faktor pertambahan penduduk Kota Salatiga yang besar terlihat dari jumlah penduduk. Berdasarkan data Statistik Kota Salatiga terjadi peningkatan jumlah penduduk pada tahun 2007 sampai 2015, dimana pada tahun 2007 jumlah penduduk 168.066 jiwa, sedangkan pada tahun 2009 jumlah penduduk terbilang sampai 170.024 jiwa dan pada tahun 2015 jumlah penduduk Kota Salatiga meningkat menjadi 183.815 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 3.237 jiwa per km² yang tersebar di 4 Kecamatan dan 22 Kelurahan [4].

Sementara itu, laju perubahan penggunaan tanah di Kota Salatiga dari daerah pertanian ke permukiman dan kawasan industri dari tahun ke tahun mencapai 8.1 Ha. Pada akhir tahun 2011, luas lahan pertanian yang tersisa mengalami penurunan luasan wilayah menjadi 790,7 Ha, jika dibandingkan pada tahun 2007 seluas 798,8 Ha [3].

Berdasarkan masalah yang terjadi perlu dilakukan analisis untuk mengetahui daerah mana saja yang mengalami perubahan lahan atau konversi lahan, daerah mana yang mengalami perubahan paling signifikan. Pada penelitian ini juga memanfaatkan beberapa data tata guna lahan dari beberapa tahun ke belakang dan juga menggunakan LANDSAT 8 OLI untuk melihat perubahan yang terjadi dari tahun ke tahun dan menggunakan metode Normalized

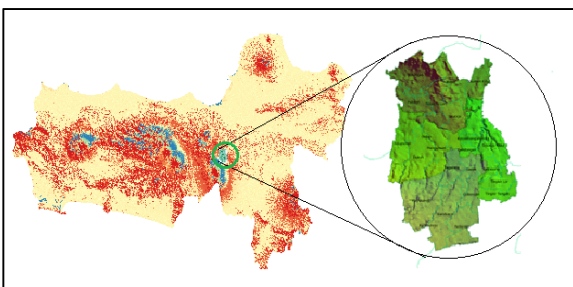
Difference Vegetation Index (NDVI) untuk melihat jenis vegetasinya yang berada pada wilayah penelitian yang dilakukan dan EVI dan SAVI dan akan dibandingkan menggunakan metode PCA.

Hasil dari analisis tutupan lahan yang berubah dan di olah dengan teknologi dari penginderaan jarak jauh (*Remote Sensing*) dan sistem informasi geografis (SIG) [5]. SIG dapat digunakan menjadi bahan pertimbangan bagi Dinas Tata Ruang dan Permukiman dalam melakukan penyusunan dan pengendalian tata ruang serta pelaksanaan perizinan bangunan untuk tahun atau periode yang akan datang, supaya dalam perencanaan atau permintaan ijin tidak menimbulkan masalah, baik bagi penduduk maupun lingkungan [5].

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Salatiga Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Kota Salatiga secara geografis berada pada posisi 1100.27'.56,81" - 1100.32'.4,64" Bujur Timur dan 0070.17'. - 0070.17'.23" Lintang Selatan . Kota Salatiga berada di daerah cekungan, kaki Gunung Merbabu diantara gunung-gunung kecil antara lain: Gajah Mungkur, Telomoyo, dan Payung Rong [6]. Salatiga terdiri dari daerah bergelombang 65% yang terdiri dari Kelurahan Dukuh, Ledok, Kutowinangun, Salatiga, Sidorejo Lor, Bugel, Kumpulrejo, dan Kauman Kidul. Salatiga juga memiliki daerah miring sebesar 25% diantaranya Kelurahan Tegalrejo, Mengunsari, Sidorejo Lor, Sidorejo Kidul, Tingkir Lor, Pulutan, Kecandran, Randuacir, Tingkir Tengah, dan Cebongan. Serta daerah datar di Kota Salatiga setidaknya 10% yang terdiri dari Kelurahan Kalicacing, Noborejo, Kalibening, dan Blotongan. Kota Salatiga terletak pada ketinggian antara 450 - 825 mdpl (meter dari permukaan air laut) [6].



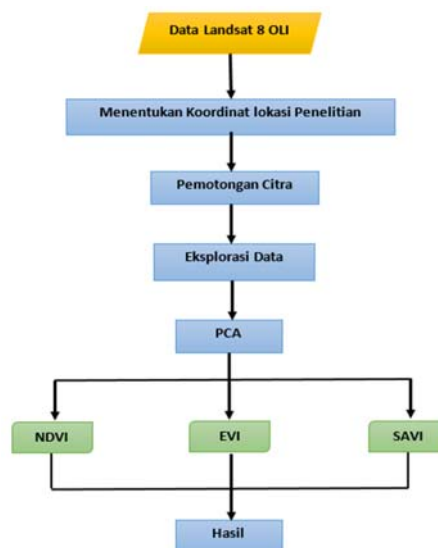
Gambar 1. Wilayah Kota Salatiga sesuai letak geografis

B. Jenis dan sumber data

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 OLI Manado path/row : 122/065, resolusi 30x30 m, akusisi 30 Desember 2013 dan 30 Desember 2018 yang di peroleh dari *The US Geological Survey* (USGS). Data curah hujan di ambil dari <http://bapelitbangda.salatiga.go.id/>, data yang di ambil dari tahun 2018.

C. Metode

Pada penelitian ini menggunakan metode analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index*, *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk eksplorasi data menggunakan Quantum GIS (QGIS). Tahapan metodologi penelitian dapat di lihat pada Gambar 2 [10][12].



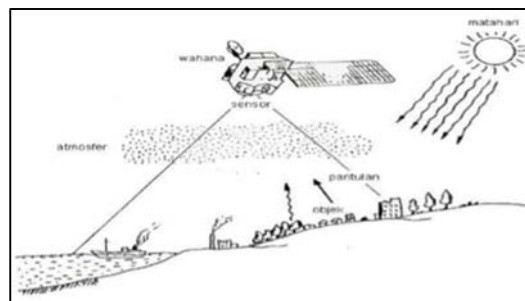
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

D. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografi (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja [3]. Sistem Informasi geografi adalah suatu sistem Informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*).

E. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah atau gejala yang dikaji [3].



Gambar 3 Penginderaan Jauh

F. Satelit Landsat 8

Satelit landsat 8 mempunyai sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Satelit ini menghasilkan hasil potret foto *aerial* sebanyak 11 foto per 16 hari nya, setiap foto tersebut mewakili 1 band. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7.

USGS bertanggung jawab terhadap penyediaan pusat

operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengarsipan dan jaringan-jaringan data). USGS juga akan membiayai tim ilmuwan landsat [11]. Landsat 8 membawa sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang merupakan generasi terbaru dari sensor ETM+ landsat 7 yang diluncurkan ke orbit pada tahun 2011 dan memiliki resolusi 30 meter dari landsat sebelumnya. Sensor OLI ini mempunyai kanal-kanal baru yaitu untuk mendeteksi aerosol garis pantai dan kanal untuk mendeteksi *cirrus* akan tetapi tidak mempunyai kanal inframerah termal [11].

G. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit. Kanal satelit berupa hasil tangkapan sensor sesuai band yang ada di satelit. Fenomena penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya inframerah dekat oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada kanal-kanal tersebut akan jauh berbeda. Pada daratan non-vegetasi, termasuk diantaranya wilayah perairan, pemukiman penduduk, tanah kosong terbuka, dan wilayah dengan kondisi vegetasi yang rusak, tidak akan menunjukkan nilai rasio yang tinggi (minimum). Sebaliknya pada wilayah bervegetasi sangat rapat, dengan kondisi sehat, perbandingan kedua kanal tersebut akan sangat tinggi (maksimum) inframerah dekat sedangkan pada sinar merah pantulan vegetasi menurun. Pola pantulan spektral air menurun pada sinar inframerah dan merah [12].

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks 'kehijauan' vegetasi atau aktifitas fotosintesis vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter antara lain biomassa dedaunan hijau yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Di mana :

NIR = Reflektan infra merah dekat (Band 5)

RED = Nilai reflektan kanal merah (Band 4)



Gambar 4. Rentang Data NDVI

Gambar 4 menjelaskan bahwa wilayah yang mempunyai nilai tingkat kehijauan vegetasi NDVI di bawah 2,0, maka wilayah tersebut sudah keluar dari kelompok vegetasi (wilayah perairan atau tanah bebatuan). Wilayah yang bernilai diatas 4,0, dinyatakan dengan wilayah dengan nilai vegetasi tinggi (wilayah hutan lebat).

SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) merupakan algoritma pengembangan dari NDVI dengan menekan pengaruh latar belakang tanah pada tingkat kecerahan kanopi.

$$SAVI = (1 + L) \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

Di mana:

NIR = Reflektan infra merah dekat (Band 5)

RED = Nilai reflektan kanal merah (Band 4)

L = Pencerahan latar belakang tanah (0,5)

Tabel 1 Nilai Klasifikasi SAVI

Kelas	Kerapatan	Jenis RTH
-0,3667 -0,0187	Non RTH	Tubuh air seperti sungai dll
0,0187 -0,1041	Sangat rendah	Pemukiman lahan terbuka yang dilapisi dengan aspal atau paving maupun jalan aspal
0,1041 -0,3667	Rendah	Lahan vegetasi penutup tanah, seperti pada jalan tanah, lapangan kosong, tanpa dilapisi dengan aspal atau paving
0,3667 -0,5214	Sedang	Lahan vegetasi penutup berupa perkebunan kelapa, kebun campuran, vegetasi rerumputan, padang golf, alang-alang
0,5214 -0,7895	Tinggi	Vegetasi Berhutan

EVI (*Enhanced Vegetation Index*) adalah indeks vegetasi 'yang dioptimalkan' yang dirancang untuk meningkatkan sinyal vegetasi dengan sensitivitas yang lebih baik di wilayah biomassa tinggi dan pemantauan pemantauan vegetasi yang lebih baik melalui pemisahan sinyal latar kanopi dan pengurangan pengaruh atmosfer.

$$EVI = \frac{((NIR - RED))}{((NIR + 6 \times RED - 7.5 \times GREEN + 1))} \quad (3)$$

Di mana:

NIR = Reflektan infra merah dekat (Band 5)

RED = Nilai reflektan kanal merah (Band 4)

GREEN = Nilai Band 2 [12]

H. Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) merupakan suatu titik dimensi dari kumpulan kelompok data yang terdiri dari variable-variable yang saling terkait [8]. Ada juga yang mengatakan bahwa PCA adalah suatu metode untuk mengurangi kepadatan kumpulan data atau menyederhanakan kumpulan data [9]. Dari kedua pengertian dapat disimpulkan bahwa PCA merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menyederhanakan kumpulan data yang saling terkait. Perhitungan PCA menggunakan kumpulan data yang telah distandarisasi. PCA tersusun dari nilai *Eigen* dan kelompok variable data awal. Nilai eigen dibagi menjadi dua jenis yaitu *Eigenvalue* dan *Eigenvector*. Rumus untuk menghitung nilai eigen terdapat pada persamaan (4).

$$A.v = \lambda.v \quad (4)$$

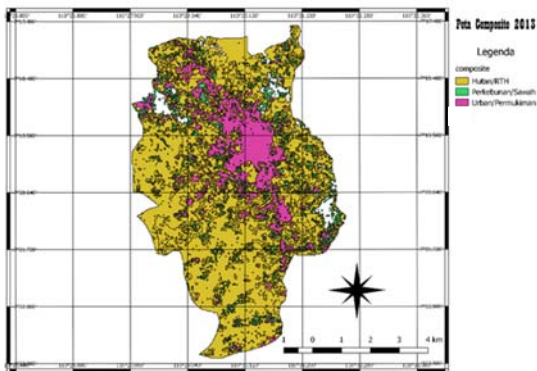
Pada persamaan (4) terdapat symbol huruf A yang merupakan matrik dari variable data awal yang akan dihitung dengan menggunakan rumus eigen. Notasi v merupakan nilai dari eigenvector yang diperoleh dari matrik awal. Sedangkan notasi λ merupakan nilai dari eigenvalue dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan (5). Dimana notasi I merupakan Identity matrik.

$$|A - \lambda \cdot I| = 0 \quad (5)$$

Eigenvalue merupakan suatu angka skalar, sedangkan eigenvector adalah sebuah matriks dari hasil perhitungan antara eigenvalue dengan kelompok data awal. PCA menggunakan nilai *eigenvalue* yang mempunyai angka sama dengan atau diatas dari satu. Nilai *eigenvalue* yang sama dengan satu atau diatas satu merupakan komponen utama dari PCA yang mewakili semua komponen atau variable awal [10].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

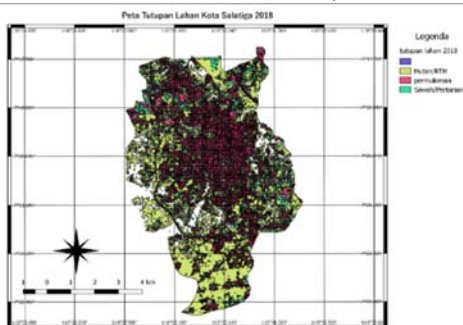
Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 OLI Manado path/row : 122/065, resolusi 30x30 m, akusisi 30 Desember 2013 dan 30 Desember 2018 yang di peroleh dari The US Geological Survey (USGS). Data curah hujan di ambil dari <http://bapelitbangda.salatiga.go.id/>, data yang di ambil dari tahun tahun 2013 dan 2018 tersebut di dapati data tutupan lahan sebagai berikut :



Gambar 5. Tutupan Lahan Kota Salatiga Pada Tahun 2013

Tabel 2 Tutupan lahan tahun 2013

Class	Luas [hektar]	Luas [m^2]
Perkebunan/Sawah	701,322	7.807,189
Urban/Pemukiman	200,378	2.230,625
Hutan/RTH	4.776,410	5.576,564



Gambar 6. Tutupan Lahan Kota Salatiga pada Tahun 2018

Tabel 3 Tutupan lahan tahun 2018

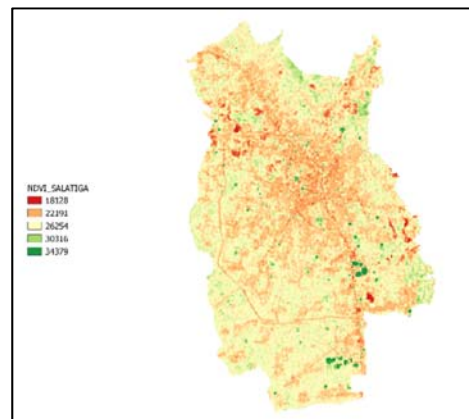
Class	Luas [hektar]	Luas [m^2]
Perkebunan/Sawah	901,700	9.571,520
Urban/Pemukiman	1.001,889	1.683,053
Hutan/RTH	3.774,521	4.360,000



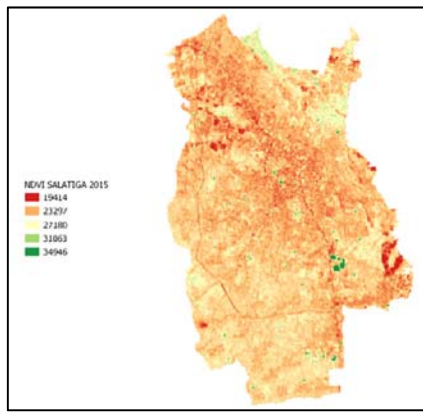
Gambar 7. Persentasi Kenaikan dan penurunan luas lahan

Berdasarkan data yang telah diolah luas tutupan lahan Perkebunan/ Sawah pada tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 4% dari tahun 2013, luas lahan pemukiman pada tahun 2018 juga mengalami peningkatan yang signifikan yakni sebesar 14% dari tahun 2013. Sedangkan Luas Lahan Hutan/ RTH (Ruang Terbuka Hijau) mengalami penurunan sebesar 18% pada tahun 2018.

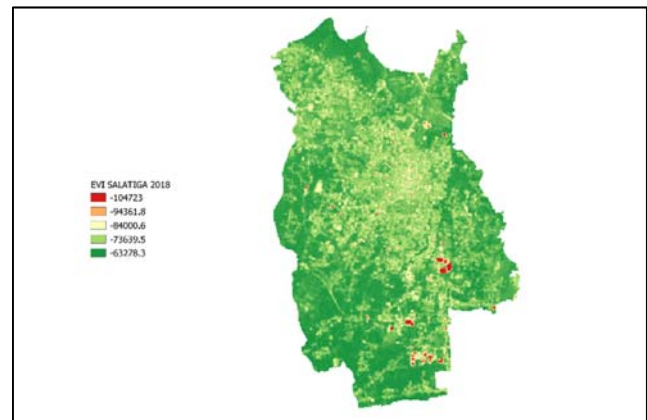
Kemudian data olah lagi dengan metode NDVI, EVI dan SAVI dibagi berdasarkan tahun 2013, tahun 2015 dan tahun 2018. Hasil olah indeks vegetasi tampak seperti gambar di bawah ini :



a)

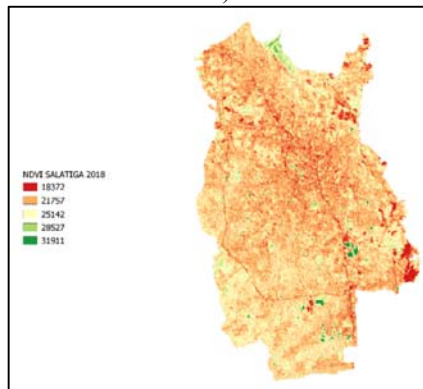


b)



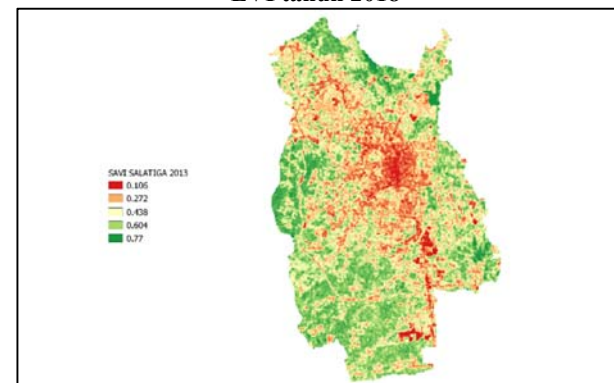
c)

Gambar 9. a) EVI tahun 2013, b) EVI tahun 2015, dan EVI tahun 2018

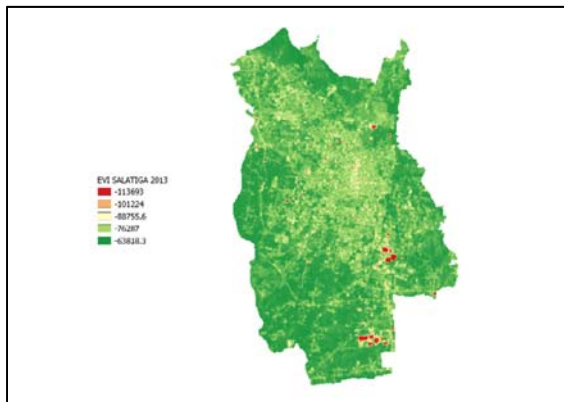


c)

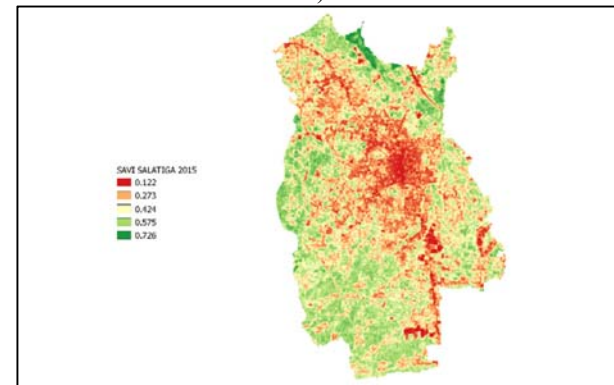
Gambar 8. a) NDVI tahun 2013, b) NDVI tahun 2015, dan c) NDVI tahun 2018



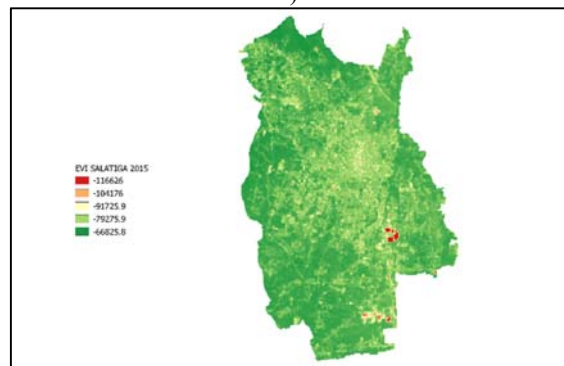
a)



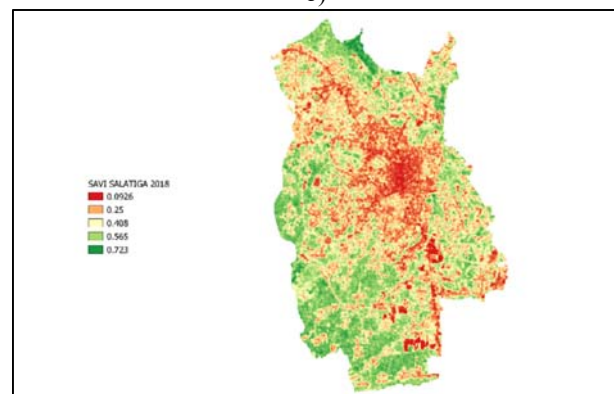
a)



b)



b)



c)

Gambar 10. a) SAVI tahun 2013, b) SAVI tahun 2015, dan SAVI tahun 2018

Setelah itu dilakukan eksplorasi NDVI, EVI dan SAVI ke PCA untuk tahun 2013 dan tahun 2018. Dimana pertama kita mencari *correlation matrix*, mencari *eigenvector* dan mencari *eigenvalue* seperti ditunjukkan pada tabel IV, V dan VI.

Tabel 4 Hasil olah PCA tahun 2013

Correlation Matrixx	Red	Green	Blue
Red	1,00000	0,41918	-0,25529
Green	0,41918	1,00000	0,71181
Blue	-0,25529	0,71181	1,00000
Cov.Eigenvectors	NDVI	EVI	SAVI
Red	9,362017	9,956080	-
			4,797043
Green	-	4,978489	1,000000
	1,704555		
Blue	-	9,362017	-
	9,956080		2,163156
Bands	NDVI	EVI	SAVI
Cov.Eigenvalues	4,7833	4,8199	3,0986
Percentages(%)	90,8459	9,1541	0,0000

Tabel 5 Hasil olah PCA tahun 2015

Correlation Matrixx	Red	Green	Blue
Red	1,00000	-0,29610	0,38919
Green	-0,29610	1,00000	0,70257
Blue	0,38919	0,70257	1,00000
Cov.Eigenvectors	NDVI	EVI	SAVI
Red	1,150665	9,933578	-
			4,797043
Green	-	1,150665	-
	9,933578		2,289195
Blue	-	5,029873	1,000000
	1,721862		
Bands	NDVI	EVI	SAVI
Cov.Eigenvalues	3,0400	3,2875	2,2618
Percentages(%)	90,2413	9,7587	0,0000

Tabel 6 Hasil olah PCA tahun 2018

Correlation Matrixx	Red	Green	Blue
Red	1,00000	-0,17636	0,40828
Green	-0,17636	1,00000	0,77763
Blue	0,40828	0,77763	1,00000
Cov.Eigenvectors	NDVI	EVI	SAVI
Red	6,170193	9,980946	-
			5,012478
Green	-	6,170193	-
	9,980946		2,472047
Blue	-	5,155457	1,000000
	2,158058		
Bands	NDVI	EVI	SAVI
Cov.Eigenvalues	3,2139	3,0998	2,2464
Percentages(%)	91,2034	8,7966	0,0000

IV. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa luas area untuk tahun 2013 dan tahun 2018 diantaranya pada luas area urban/pemukiman mengalami kenaikan sebesar 801.511 Ha, sedangkan lahan perkebunan/sawah mengalami penurunan sebesar 801.511 Ha, dan RTH (Ruang Terbuka Hijau) mengalami penurunan sebesar 1.001.889 Ha pada tahun 2018. Untuk hasil PCA gabung indeks vegetasi NDVI, EVI dan SAVI pada Kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah untuk tahun 2013 dan 2015 terjadi perubahan di nilai *Eigenvalues* dimana NDVI pada tahun 2015 mengalami penurunan sebesar 1,7433 sedangkan nilai EVI mengalami penurunan sebesar 1.5324, untuk indeks SAVI mengalami penurunan indeks nilai juga sebesar 0,8368. Sedangkan untuk perubahan persentase *eigenvalues* pada tahun 2013 dan 2018 perubahan indeks *Eigenvalues* NDVI mengalami penurunan yang cukup signifikan yakni sebesar 1,5694, untuk indeks EVI juga mengalami penurunan sebesar 1,7201, dan SAVI juga mengalami penurunan sebesar 0,8522. Jadi Perubahan indeks vegetasi yang di olah menggunakan PCA dapat diketahui ketika melihat selisih perubahan dari nilai indeks *Eigenvalues* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charter, Denny & Agtrisari, Irma 2003. Desain dan Aplikasi GIS. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [2] Campbell, J. B., 1987. Introduction to Remote Sensing. Virginia Polytechnic Institute. The Guilford Press, New York, United States of America.
- [3] Barus, B dan U. S. Wiradisastra. 2000. Sistem Informasi Geografi Sarana Manajemen Sumberdaya. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.
- [4] BAPPEDA Kota Salatiga. 2009. Salatiga Dalam Angka.
- [5] Badan Pusat Statistik Kota Salatiga. (2015).
- [6] Yudha, G., & Purnama, S., (2018). Analysis of Dissemination Methods for Remote Sensing Information in Maritime Field to Support the Local Government. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 162.
- [7] "Keadaan Geografis – Website Resmi Pemerintah Kota Salatiga". Diakses tanggal 202-03-2019.
- [8] Abdi, H., dan Lynne J. Williams, 2010, Principal Component Analysis, Wiley Interdisciplinary Reviews : Computational Statistic, 1-47.
- [9] Soesanto, Oni, 2009, Principal Component Analysis untuk Mereduksi Dimensi Input Jaringan Syarat Radial Basis Probabilistik, 1-10.
- [10] Jackson, Donald A., 1998, Stopping Rules In Principal Components Analysis : A Comparison Of Heuristical And Statistical Approaches, The Ecology Society of America, 74 (8) : 2204-2214.
- [11] NASA, 2008, Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission).(http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248). Diakses tanggal 9 Maret 2019.
- [12] Hanif, M., "Bahan Pelatihan Penginderaan Jauh Tingkat Lanjut". <https://www.scribd.com/doc/269776350/BEBERAPA-JENIS-INDEKS-VEGETASI-pdf>. Diakses tanggal 10 Maret 2019.